2M

УДК 681.323

И.Н. Молчанов, А.Н. Химич, В.И. Мова, А.А. Николайчук
Институт кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины, г. Киев
Украина, 03680 МСП, г. Киев, просп. Академика Глушкова, 40
Государственное научно-производственное предприятие «Электронмаш», г. Киев
Украина, 03180, г. Киев, Кольцевая дорога, 4, *dept150@insyg.kiev.ua, poisk@elmash.kiev.ua*

Интеллектуальный персональный компьютер гибридной архитектуры

I.N. Molchanov, A.N. Khimich, V.I. Mova, A.A. Nikolaichuk
V.M. Glushkov Institute of Cybernetics of NAS of Ukraine, c. Kyiv
State Research and Development Enterprise “Electronmash”, c. Kyiv
dept150@insyg.kiev.ua;poisk@elmash.kiev.ua

Intelligent Personal Hybrid Architecture Computer

І.М. Молчанов, О.М. Хіміч, В.І. Мова, О.О. Ніколайчук
Інститут кібернетики ім. В.М. Глушкова НАН України, м. Київ
Україна, 03680 МСП, м. Київ, просп. Академіка Глушкова, 40
Державне науково-виробниче підприємство «Електронмаш», м. Київ
Україна, 03180, м. Київ, Кільцева дорога, 4, *dept150@insyg.kiev.ua, poisk@elmash.kiev.ua*

Інтелектуальний персональний комп’ютер гібридної архітектури

В статье рассматривается структура и архитектура экспериментального образца интеллектуального персонального компьютера гибридной архитектуры, а также системное и интеллектуальное прикладное программное обеспечение. Рассматриваются области применения, режимы и способы использования интеллектуальных персональных компьютеров гибридной архитектуры.
Ключевые слова: интеллектуальный персональный компьютер, гибридная архитектура, знаниеориентированный компьютер, интеллектуальное программное обеспечение, автоматизация исследований, достоверность решения.

The paper deals with structure and architecture of the experimental sample of intelligent personal hybrid architecture computer as well as with its system and intelligent applications software. The fields of application, modes and methods of employment of intelligent personal hybrid architecture computers are considered.
Key Words: intelligent personal computer, hybrid architecture, knowledge-oriented computer, intelligent software, automation of investigation, reliability of solution.

У статті розглядається структура та архітектура експериментального зразка інтелектуального персонального комп’ютера гібридної архітектури, а також системне та інтелектуальне прикладне програмне забезпечення. Розглядаються області застосування, режими і способи використання інтелектуальних персональних комп’ютерів гібридної архітектури.
Ключові слова: інтелектуальний персональний комп’ютер, гібридна архітектура, знання-орієнтований комп’ютер, інтелектуальне програмне забезпечення, автоматизація досліджень, достовірність розв’язків.

Введение

Непрерывный рост параметров решаемых задач, постановка на компьютерах более полных моделей задач требуют непрерывного роста производительности компью-

теров, который достигается за счет распараллеливания вычислений. Исследование задач и создание на основе этих исследований алгоритмов и программ параллельных вычислений требуют значительного времени и высокой квалификации конечного пользователя.

Целью данной работы является создание экспериментального образца знаниеориентированного интеллектуального персонального компьютера MIMD-архитектуры (CPU) с графическими процессорами SIMD-архитектуры (GPU), который в автоматическом режиме исследует свойства компьютерной модели задачи, строит алгоритм, формирует топологию, создает код параллельных вычислений, решает задачу и оценивает его достоверность с теоретической производительностью не менее одного терафлопса.

Проблемы получения достоверного решения на компьютерах гибридной архитектуры

Вычислительная техника является основой научно-технического прогресса, и требования к росту производительности компьютеров непрерывно растут. Вместе с тем требования к высокопродуктивным вычислениям в науке и промышленности намного опережают возможности традиционных компьютеров, даже несмотря на многоядерность их процессоров.

Будущее вычислительной техники в ближайшей перспективе – это гибридные системы, которые объединяют вычисления на многоядерных компьютерах MIMD архитектуры с ускорением вычислений на графических процессорах SIMD-архитектуры [1]. Использование многоядерных и графических процессоров не только повышает производительность компьютеров, но и снижает энергозатраты и стоимость высокопроизводительных параллельных компьютеров. Но получить эффективность решения задачи на гибридной архитектуре можно лишь создавая алгоритмы параллельных вычислений, которые учитывают структуру и архитектуру как используемых процессоров, так и компьютера в целом. Эта задача на порядок сложнее, чем создание программ для многоядерных или однопроцессорных компьютеров.

Постановка новых задач инженерии и науки требует значительного времени и предварительных исследований (постановка прикладной задачи, создание физических, математических и дискретных моделей и их исследования, разработка алгоритмов, вычислительных схем, программ решения и отладки программ и т.д.). Так, для программ решения задач средней сложности требуется 2 – 3 года, а для сложных задач – до 5 лет. Автоматизация процесса исследования и создания программ параллельных вычислений позволяет существенно сократить сроки создания необходимых программных средств.

В некоторых случаях при решении задач инженерии и науки компьютеры выдают решение, не имеющее физического смысла. Это выясняется в ходе сопоставления данных численного и натурных экспериментов. Причин этого может быть несколько, например, из-за погрешности в задании исходных данных, которые зачастую имеют место при решении прикладных задач, из-за погрешности вычисления и отличия аксиоматики машинной математики от аксиоматики математики [1].

Интеллектуальный компьютер – это знаниеориентированный компьютер, который в ходе решения инженерных и научных задач получает знания о свойствах компьютерной модели задачи и в соответствии с этими свойствами автоматически строит алгоритм решения, формирует топологию компьютера и создает код параллельных вычислений, по окончании процесса вычислений оценивает достоверность полученных результатов [2-8].

Таким образом, концепция интеллектуального компьютера предусматривает возможность возложить функции исследования свойств компьютерных моделей задач с

приближенно заданными исходными данными на компьютер и на основании этих исследований автоматически строить алгоритм решения задачи, синтезировать программу параллельных вычислений, решать задачу с оценками достоверности получаемых компьютерных результатов.

При создании прикладного программного обеспечения для гибридных компьютеров с многоядерными и графическими процессорами целесообразно произвести разделение решаемой задачи на отдельные подзадачи, проанализировать, какие из них целесообразно реализовать на графических процессорах SIMD-архитектуры и какие – на MIMD-архитектуре. При этом важно определить необходимую топологию параллельного компьютера, оптимальное количество процессоров, обеспечивающих равномерную загрузку всех используемых процессоров, синхронизацию и минимизацию обменов между процессорами.

Такой подход позволит на гибридных компьютерах получить на ряде задач существенный рост производительности.

В отличие от традиционного смысла, заложенного в словосочетание «персональный компьютер», гибридный интеллектуальный персональный компьютер является высокопроизводительным вычислителем, удобным индивидуальным инструментом исследования и решения многочисленных задач математического моделирования при решении сложных научно-технических задач и серьезным вычислительным ресурсом для создания специализированных программно-технических комплексов для различных предметных областей. При этом гарантируется достоверность получаемого решения. Это является важнейшим требованием к современным компьютерам.

Структура и состав экспериментального образца интеллектуального гибридного персонального компьютера и его программного обеспечения

Состав вычислительного блока интеллектуального компьютера:

– 1 или 2 вычислительных узла (1 или 2 процессоры Xeon 5500/5600, 6 Gb оперативной памяти, 500 Gb дисковой памяти RAID1, 2 адаптера с графическими процессорами);

– Хранилище (1 или 2 процессора Xeon 5500/5600, от 8 Gb оперативной памяти).

Вычислительный блок интеллектуального персонального компьютера гибридной архитектуры осуществляет решение задачи с параллельной организацией вычислений, является однородной масштабированной структурой, которая состоит из множества CPU и GPU.

Коммуникационная среда межпроцессорных связей:

– Gigabit Ethernet;

– InfiniBand DDR, QDR;

– IPMI.

Операционная среда компьютера:

– Операционные системы (Linux, Windows);

– Компиляторы C/C ++, Фортран, CUDA;

– Среда межпроцессорного взаимодействия MPI;

– Системный программный монитор.

В основу операционной среды интеллектуального компьютера положены бесплатные стандартные решения (GNU/Linux). Однако пользователь имеет возможность выбора одного из трех вариантов предустановленной операционной системы: Linux, Windows или Linux, +Windows. В последнем варианте операционная среда хоста по

желанию пользователя выполняет автоматическое переключение между Linux и Windows путем перезагрузки узлов. Предустановленная версия Linux на основе Scientific Linux 4.2 (от 22.11.2005) оптимизирована под архитектуру Inparcom 64. Предустановленная версия Windows-XP SP2.

Ядро параллельного компьютера – система передачи сообщений реализует стандарт MPI. В Linux установлены MVAPICH, оптимизированный под Infiniband, и LAM MPI, в Windows – MPICH. Для поддержки максимального числа приложений сторонних разработчиков настроена и другая распространенная система передачи сообщений – PVM (параллельная виртуальная машина).

Бесплатный компилятор GCC в составе Linux поддерживает Си, С++, ФОРТРАН и несколько других языков программирования. Операционная среда включает Интерсервер Apach с поддержкой приложений на языке PHP, СУБД MySQL, стандартные математические библиотеки: BLAS, CUBLAS, ScaLAPACK, MKL, тесты (Linpack, Scali), распределенную файловую систему.

Операционная среда обеспечивает:

– формирование задания и запуск параллельной задачи на выбранных вычислительных узлах;

– мониторинг интеллектуального компьютера и выполнения заданий;

– сохранение и визуализацию протоколов параллельных расчетов;

– запуск приложения (исполняемого кода программы);

– разработку параллельных программ;

– администрирование доступных пользователю частей распределенной файловой системы.

Состав интеллектуального численного программного обеспечения:

– библиотека интеллектуальных программ исследования и решения базовых задач вычислительной математики;

– интеллектуальное программное средство автоматизированного исследования и решения базовых задач вычислительной математики;

– интеллектуальное прикладное программное обеспечение для решения научно-технических задач для различных предметных областей, например прочностного анализа строительных конструкций.

Интеллектуальное численное программное обеспечение

Реализация интеллектуального численного программного обеспечения основана на концепции знаний. Его разработка основана на синтезе основных достижений в области модульного программирования, баз данных, баз знаний и опирается на развитые методы работы со знаниями: их представлением, хранением, обработкой, получением новых знаний и т.д. На основе знаний о предметной области по каждому классу задач с учетом модели пользователя и модели общения, интеллектуальное программное обеспечение вырабатывает знания о свойствах машинной модели задачи, принимает решение об оптимальном количестве процессоров и эффективной топологии компьютера. На основании этой информации автоматически выбирается алгоритм решения и синтезируется программа, реализующая алгоритм. Решение задачи осуществляется с анализом получаемых компьютерных результатов [9], [10].

Интеллектуальное численное обеспечение обеспечивает исследование и решение следующих классов задач вычислительной математики с приближенно заданными исходными данными:

– системы линейных алгебраических уравнений;

– алгебраическая система собственных значений;

– системы нелинейных алгебраических и трансцендентных уравнений;

– системы обыкновенных дифференциальных уравнений с начальными условиями.

Составные части интеллектуального программного средства по каждому классу: диалоговая система, библиотека функциональных модулей, планирующий / управляющий блок, блок объяснений.

С помощью диалоговой системы осуществляется взаимодействие с пользователем, а именно: постановка задачи в языке предметной области, процесс решения задачи, просмотр-анализ результатов решения, обучение пользователя работе с программным средством, предоставление пользователю всей необходимой информации, доступ к глоссарию терминов по каждому классу задач, оказание помощи пользователю на каждом этапе работы.

Функциональные модули реализуют логически законченные части алгоритмов решения задач и процедуры, осуществляющие обмен информацией и данными между процессорами.

Главная задача планирующего / управляющего блока – планирование вычислений на CPU и GPU, нахождение наиболее оптимального пути решения поставленной задачи при использовании информации от пользователя и соответствующих функциональных модулей.

В блоке объяснений накапливается информация о задаче в ходе вычислительного процесса для последующей выдачи ее пользователю. В случае отказа в решении пользователь получает подробное объяснение его причин и рекомендации по дальнейшим действиям пользователя.

Выводы

Интеллектуальные персональные компьютеры гибридной архитектуры целесообразно использовать для задач:

– математического моделирования сложных процессов, явлений, объектов и систем;

– расчета прочности конструкций;

– аэро- и гидродинамических расчетов при создании тренажеров управления сложными процессами объектов современной техники;

– решения сложных научно-технических задач с приближенно заданными исходными данными;

– адаптации на гибридную архитектуру программных комплексов решения сложных задач, созданных ранее для однопроцессорных компьютеров, в ходе которой препроцессинг (перевод задачи с языка пользователя в математическую задачу) и постпроцессинг (перевод решения математической задачи на язык пользователя) остаются неизменными, а процессинг (решение математической задачи) заменяется на программы решения с параллельной организацией вычислений.

Кроме того, такие компьютеры можно использовать при подготовке данных и задач для решения на суперкомпьютерах, а именно:

– для создания параллельных программ для суперкомпьютеров;

– для разработки программно-технических комплексов из различных предметных областей;

– для организации распределенных баз данных.

Интеллектуальные компьютеры найдут широкое применение в инженерии, науке, экономике, машиностроении, строительстве, энергетике, экологии, моделировании катаклизмов и их предупреждении, обучении и переподготовке специалистов в области параллельных вычислений.

Уникальность интеллектуального персонального компьютера:

– интеллектуальные компьютеры вырабатывают знания о свойствах компьютерных моделей задач и на их основе строят алгоритм и программу параллельных вычислений;

– интеллектуальный компьютер исследует и решает задачи с приближенными исходными данными, а также гарантирует достоверность компьютерных решений.

Преимущества интеллектуальных компьютеров:

– постановка задачи пользователя на языке предметной области;

– освобождение пользователя от работы по исследованию задачи, созданию алгоритмов, написанию и отладке параллельных программ, что сокращает время постановки и решения задач не менее чем в 100 раз;

– получение машинного решения с оценкой его достоверности;

– существенное сокращение времени машинного исследования и решения научно-технических задач по сравнению с традиционной технологией решения той же задачи на компьютере на той же элементной базе, но с традиционной параллельной архитектурой.

Литература

1. Молчанов И.Н. Машинная математика – проблемы и перспективы / И.Н. Молчанов // Кибернетика и системный анализ. – 2004. – № 6. – С. 65-72.
2. Молчанов И.Н. Интеллектуальные компьютеры – средство исследования и решения научно-технических задач / И.Н. Молчанов // Кибернетика и системный анализ. – 2004. – № 1. – С. 175-179.
3. Молчанов И.Н. Интеллектуальные компьютеры для исследования и решения научно-технических задач – новое направление в развитии вычислительной техники / И.Н. Молчанов, В.И. Мова, В.А. Стрюченко // Зв’язок. – 2005. – № 7. – С. 45-46.
4. Молчанов И.Н. Интеллектуализация компьютеров – проблемы и возможности / И.Н. Молчанов, В.И. Мова, В.А. Стрюченко // Искусственный интеллект. – 2006. – № 3. – С. 15-20.
5. Молчанов И.Н. Inparcom–16 – интеллектуальная рабочая станция / И.Н. Молчанов, О.Л. Перевозчикова, А.Н. Химич // Кибернетика и системный анализ. – 2007. – № 3. – С. 151-155.
6. Молчанов И.Н. Знаниеориентированные рабочие станции Инпарком / И.Н. Молчанов, В.И. Мова, В.А. Стрюченко // Искусственный интеллект. – 2009. – № 1. – С. 94-98.
7. Молчанов И.Н. Опыт разработки семейства кластерных комплексов Инпарком / И.Н. Молчанов, О.Л. Перевозчикова, А.Н. Химич // Кибернетика и системный анализ. – 2009. – № 6. – С. 88-96.
8. Сергиенко И.В. Интеллектуальные технологии высокопроизводительных вичислений / И.В. Сергиенко, И.Н. Молчанов, А.Н. Химич // Кибернетика и системный анализ. – 2010. – № 5. – С. 164-176.
9. Численное программное обеспечение интеллектуального MIMD-компьютера Инпарком / [Химич А.Н., Молчанов И.Н., Мова В.И. и др.]. – Киев : Наук. думка, 2007. – 221 с.
10. Параллельные алгоритмы решения задач вычислительной математики / [Химич А.Н., Молчанов И.Н., Попов А.В. и др.]. – Киев : Наук. думка, 2008. – 247 с.

Literatura

1. Molchanov I.N. Kibernetika i sistemnyi analiz. 2004. № 6. S. 65-72.
2. Molchanov I.N. Kibernetika i sistemnyi analiz. 2004. № 1. S. 175-179.
3. Molchanov I.N. Zhurnal “Zv’yazok”. № 7. 2005. S. 45-46.
4. Molchanov I.N. Iskusstvennyi intellekt. № 3. 2006. S.15-20.
5. Molchanov I. N. Kibernetika i sistemnyi analiz. 2007. № 3. S. 151-155.
6. Molchanov I.N. Iskusstvennyi intellekt. 2009. № 1. S. 94-98.
7. Molchanov I.N. Kibernetika i sistemnyi analiz. 2009. № 6. S. 88-96.
8. Sergyieynko I.V. Kibernetika i sistemnyi analiz. 2010. № 5. S. 164-176.
9. Khimich A.N. Chislennoye programmnoe obespecheniye intellektual’nogo MIMD-komp’utera Inparcom. Kiev: Nauk. dumka. 2007. 221 s.
10. Khimich A.N. Parallel’nye algoritmy resheniya zadach vychislitel’noi matematiki. Kiev: Nauk. dumka. 2008. 247 s.

Статья поступила в редакцию 31.05.2012.